

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

Handwritten signature and date: 7-27-02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 9月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-294330

出 願 人

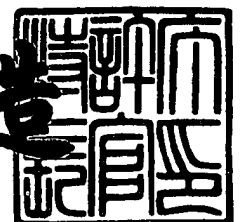
Applicant(s):

セイコーエプソン株式会社

2001年10月26日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 J0080621

【提出日】 平成12年 9月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03H 9/25

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 樋口 天光

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 岩下 節也

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 宮澤 弘

【特許出願人】

 【識別番号】 000002369

 【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

 【代表者】 安川 英昭

【代理人】

 【識別番号】 100093388

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鈴木 喜三郎

 【連絡先】 0 2 6 6 - 5 2 - 3 1 3 9

【選任した代理人】

 【識別番号】 100095728

 【弁理士】

【氏名又は名称】 上柳 雅誉

【選任した代理人】

【識別番号】 100107261

【弁理士】

【氏名又は名称】 須澤 修

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013044

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9711684

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表面弾性波素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 サファイア単結晶基板と、前記サファイア単結晶基板上に形成されサファイアに元素 M1 ($M1 = B, Ga, In, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co$) を添加した $(Al_{1-x}M1_x)_2O_3$ ($0 \leq x \leq 0.5$) なる組成を有する硬質層と、前記硬質層上に形成されてなる圧電体層とを有することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 2】 前記硬質層はコランダム型結晶構造を有することを特徴とする請求項 1 記載の表面弾性波素子。

【請求項 3】 前記圧電体層は、窒化アルミニウムに窒化硼素を添加した $(Al_{1-x}B_x)N$ ($0 \leq x \leq 0.5$) なる組成を有し、且つウルツ鉱型結晶構造を有することを特徴とする請求項 1 記載の表面弾性波素子。

【請求項 4】 前記圧電体層は、酸化亜鉛に元素 M2 ($M2 = Li, Mg, Fe, Co, Ni, Cu$) の少なくとも 1 つを添加した $(Zn_{1-x}M2_x)O$ ($0 \leq x \leq 0.5$) なる組成と、ウルツ鉱型結晶構造を有することを特徴とする請求項 1 記載の表面弾性波素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、情報通信分野に用いられる表面弾性波素子に関し、特にサファイア単結晶基板上の圧電薄膜を用いた表面弾性波素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

携帯電話などの移動体通信を中心とした情報通信分野の著しい発展に伴い、表面弾性波素子の需要が急速に増大している。表面弾性波素子の開発に際しては、小型化、高効率化、高周波化の 3 つの方向での改善が重要となり、そのためには、より大きな電気機械結合係数（以下 k^2 ）、より零に近い中心周波数温度係数（以下 TCF）、より大きな表面弾性波伝播速度（以下 V_s ）を実現することが

必要となる。

【0003】

従来、表面弾性波素子としては、圧電体単結晶上にインターディジタル型電極 (Inter-Digital Transducer、以下IDT) を形成した構造が主として用いられてきた。圧電体単結晶の代表的なものとしては、水晶、ニオブ酸リチウム (以下 LiNbO_3)、タンタル酸リチウム (以下 LiTaO_3) などが挙げられる。例えば、広帯域化や通過帯域の低損失化が要求されるRFフィルタの場合には、 k^2 の大きい LiNbO_3 が用いられる。一方、狭帯域でも安定な温度特性が必要なIFフィルタの場合は、TCFの小さい水晶が用いられる。さらに、 k^2 およびTCFが LiNbO_3 と水晶の間にある LiTaO_3 は中間的な用途に用いられている。

【0004】

しかしながら、高 k^2 、零TCF、高 V_s をすべて具備した素子は圧電体単結晶だけでは実現できないので、基板と圧電体薄膜の積層構造を用いた表面弾性波素子が考案されてきた。これは、基板と薄膜の材料の組合せ、薄膜の配向方向や膜厚の制御などにより、単結晶よりも優れた特性を得るものである。例えば、TCFが零に近い基板上に k^2 の大きな圧電体薄膜を形成することにより、全体の特性が高 k^2 、零TCFの表面弾性波素子が実現可能となる。

【0005】

ここで特に、表面弾性波素子を発振器として用いることを考えた場合、発振器には高次通倍型、位相同期型、直接発振型などの方式があるが、素子の小型化およびジッタ特性の向上のためには直接発振型が望ましいので、発振周波数の高周波化が重要になる。発振周波数を高周波化する場合、IDTの電極ピッチのデザインルールの限界を鑑みても、圧電体層を高 V_s を有する硬質層と積層することによって高周波化を実現する素子構造が有望である。特開平6-164294では、Si基板上に硬質層としてダイヤモンド薄膜を形成し、さらにその上にZnO圧電体層と SiO_2 保護層を形成することにより、高 k^2 、零TCF、高 V_s の両立が図られており、非常に重要な構造である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の硬質層、圧電体層を有する表面弾性波素子にあっては、以下の様な問題点を有していた。

【0007】

特開平6-164294に記載されているようなダイヤモンド薄膜硬質層を用いる場合には、高 V_s は得られるものの、表面平坦性が得られない。現状では、ダイヤモンド薄膜が硬いため研磨加工が難しく、時間もかかり、しかもダイヤモンド薄膜が多結晶からなるために、通常の圧電体単結晶基板に比べて表面平坦性が著しく劣る。従って、そのダイヤモンド薄膜の上に堆積する圧電体薄膜の結晶性も低下し、エピタキシャル膜は得られない。圧電体薄膜の表面弾性波素子としての特性はその結晶性に大きく依存しており、多結晶のダイヤモンド薄膜硬質層を用いた場合、特に k^2 が低下するなどの問題が生ずる。

【0008】

従って実用化に際しては、ダイヤモンド以外の単結晶状の硬質層によって V_s の増大を図ることが重要となる。ダイヤモンド以外で単結晶が入手しやすく V_s の大きな硬質層および基板材料としてサファイアが挙げられる。サファイアは、ダイヤモンドの約10000m/sからは劣るものの、 V_s が大きく、その単結晶基板は安価で汎用的に用いられ、その上に各種圧電体薄膜がエピタキシャル成長するので、非常に重要な材料である。ここで表面弾性波の伝播速度 V_s は、ヤング率を E 、密度を ρ として、 $V_s(E/\rho)^{1/2}$ であるから、添加物によってサファイアのヤング率を大きく密度を小さくすることができれば、伝播速度をダイヤモンド並みに増大させることも可能である。

【0009】

そこで、本発明は、 V_s が大きく、使用帯域の高周波化に対応できるサファイア硬質層を用いた表面弾性波素子を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の表面弾性波素子は、サファイア単結晶基板と、前記サファイア単結晶基板上にサファイアに元素M1 ($M1 = B, Ga, In, Ti, V, Cr$

、Mn、Fe、Co)の少なくとも1つを添加した $(Al_{1-x}M1_x)_2O_3$ ($0 \leq x \leq 0.5$)なる組成、コランダム型結晶構造を有する硬質層と、前記硬質層上に圧電体層とを有することを特徴とする。

【0011】

上記構成によれば、硬質層のヤング率の増大あるいは密度の減少によって表面弾性波の V_s を増大させ、表面弾性波素子をより高周波領域で使用可能にするという効果を有する。

【0012】

請求項2記載の表面弾性波素子は、請求項1記載の表面弾性波素子において、前記硬質層がコランダム型結晶構造を有することを特徴とする。

【0013】

上記構成によれば、硬質層が同一の結晶構造を有する単結晶基板に格子整合することで薄膜の結晶性が向上して k^2 が向上し、表面弾性波素子の省電力化が図れるという効果を有する。

【0014】

請求項3記載の表面弾性波素子は、請求項1記載の表面弾性波素子において、窒化アルミニウムに窒化硼素を添加した $(Al_{1-x}B_x)N$ ($0 \leq x \leq 0.5$)なる組成と、ウルツ鉱型結晶構造を有する圧電体層を具備することを特徴とする。

【0015】

上記構成によれば、窒化アルミニウムのヤング率の増大あるいは密度の減少によって表面弾性波の V_s を増大させるとともに、窒化アルミニウムの格子定数が減少して硬質層に格子整合することで薄膜の結晶性が向上して k^2 が向上し、表面弾性波素子の高周波化、省電力化が図れるという効果を有する。

【0016】

請求項4記載の表面弾性波素子は、請求項1記載の表面弾性波素子において、酸化亜鉛に元素M2 (M2=Li、Mg、Fe、Co、Ni、Cu)の少なくとも1つを添加した $(Zn_{1-x}M2_x)O$ ($0 \leq x \leq 0.5$)なる組成と、ウルツ鉱型結晶構造を有する圧電体を具備することを特徴とする。

【0017】

上記構成によれば、酸化亜鉛のヤング率の増大あるいは密度の減少によって表面弾性波の V_s を増大させるとともに、酸化亜鉛の格子定数が減少して硬質層に格子整合することで薄膜の結晶性が向上して k^2 が向上し、表面弾性波素子の高周波化、省電力化が図れるという効果を有する。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0019】

(実施例1)

図1は本発明の表面弾性波素子の第1の実施例を示す図である。

【0020】

BをAlに対して3mol%添加した $(Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3$ ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度800℃、酸素分圧 1×10^{-2} Torrの条件で、R面(102)サファイア単結晶基板1上に $(Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3$ 硬質層2を堆積した。ただし、Bの添加量、基板温度、酸素分圧、基板の面方位は、これに限るものではない。

【0021】

次に、BNをAlNに対して3mol%添加した $(Al_{0.97}B_{0.03})N$ ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度800℃、窒素分圧 1×10^{-5} Torrの条件で、 $(Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3$ 硬質層2上に $(Al_{0.97}B_{0.03})N$ 圧電体層3を堆積した。ただし、BNの添加量、基板温度、窒素分圧は、これに限るものではない。

【0022】

さらに、金属アルミニウムを蒸着後、レジスト塗布、露光、ドライエッチング、レジスト除去によるパターニングの連続プロセスを行い、 $(Al_{0.97}B_{0.03})N$ 圧電体層3上にIDT電極4、5を形成した。

【0023】

得られた表面弾性波素子は、膜面に垂直方向に $(Al_{0.97}B_{0.03})N(110) // (Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3(102) //$ サファイア(102)、面内方向

に $(Al_{0.97}B_{0.03})N [001] // (Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3 [101] //$ サファイア $[101]$ の配向膜であった。

【0024】

得られた表面弾性波素子について、IDT電極4、5の間での表面弾性波の遅延時間 V_{open} から求めた V_s は8500 m/sであった。IDT電極4、5の間を金属薄膜で覆った場合の表面弾性波の遅延時間 V_{short} との差から求めると、 k^2 は0.01となった。また共振周波数は4.2 GHzであった。 $(Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3$ 硬質層2を用いない場合に V_s が7500 m/s、 k^2 が0.01であることから、 $(Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3$ 硬質層2は k^2 を減少させることなく高 V_s 化に効果があることが明らかである。

【0025】

また、硬質層として、Bの代わりに $M1 = Ga, In, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co$ の少なくとも1つを添加した $(Al_{1-x}M1_x)_2O_3$ ($0 \leq x \leq 0.5$)を用いた場合も同様な効果が得られた。さらに、圧電体層として、 $(Al_{1-x}B_x)N$ ($0 \leq x \leq 0.5$)の代わりに酸化亜鉛に元素 $M2$ ($M2 = Li, Mg, Fe, Co, Ni, Cu$)の少なくとも1つを添加した $(Zn_{1-x}M2_x)O$ ($0 \leq x \leq 0.5$)を用いた場合も同様の効果が得られた。また、 $KNbO_3$ や $LiNbO_3$ などの他の圧電体にも有効である。なお、IDT電極を圧電体層の下に形成した場合も同様の効果が得られた。そして、周波数温度特性の改善や表面保護のために、表面に SiO_2 膜を堆積した場合も同様の効果が得られた。

【0026】

上述のような構成によれば、サファイア単結晶基板上に、元素 $M1$ ($M1 = B, Ga, In, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co$)の少なくとも一つを添加した $(Al_{1-x}M1_x)_2O_3$ ($0 \leq x \leq 0.5$)硬質層を堆積し、 $(Al_{1-x}B_x)N$ ($0 \leq x \leq 0.5$)または $(Zn_{1-x}M2_x)O$ ($0 \leq x \leq 0.5$) ($M2 = Li, Mg, Fe, Co, Ni, Cu$)圧電体層を堆積することにより、 k^2 を減少させることなく高 V_s を実現させることが可能となる。

【0027】

(実施例2)

図2は本発明の表面弾性波素子の第2の実施例を示す図である。

【0028】

BをAlに対して3mol%添加した $(Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3$ ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度800℃、酸素分圧 1×10^{-2} Torrの条件で、C面(001)サファイア単結晶基板11上に $(Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3$ 硬質層12を堆積した。ただし、Bの添加量、基板温度、酸素分圧、基板の面方位は、これに限るものではない。

【0029】

次に、LiをZnに対して3mol%添加した $(Zn_{0.97}Li_{0.03})O$ ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度800℃、酸素分圧 1×10^{-2} Torrの条件で、 $(Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3$ 硬質層12上に $(Zn_{0.97}Li_{0.03})O$ 圧電体層13を堆積した。ただし、Liの添加量、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。

【0030】

さらに、金属アルミニウムを蒸着後、レジスト塗布、露光、ドライエッチング、レジスト除去によるパターニングの連続プロセスを行い、 $(Zn_{0.97}Li_{0.03})O$ 圧電体層13上にIDT電極14、15を形成した。

【0031】

得られた表面弾性波素子は、膜面に垂直方向に $(Zn_{0.97}Li_{0.03})O(001) // (Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3(001) //$ サファイア(001)、面内方向に $(Zn_{0.97}Li_{0.03})O[100] // (Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3[110] //$ サファイア[110]の配向膜であった。

【0032】

得られた表面弾性波素子について、IDT電極14、15の間での表面弾性波の遅延時間 V_{open} から求めた V_s は7000 m/sであった。IDT電極14、15の間を金属薄膜で覆った場合の表面弾性波の遅延時間 V_{short} との差から求めると、 k^2 は0.01となった。また共振周波数は3.5 GHzであった。 $(Al_{0.97}Cr_{0.03})_2O_3$ 基板11を用いない場合に V_s が6000 m/s、 k^2 が0.01であることから、 $(Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3$ 硬質層12は k^2 を減少させ

ることなく高 V_s 化に効果があることが明らかである。

【0033】

また、硬質層として、Bの代わりに $M1 = Ga, In, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co$ の少なくとも1つを添加した $(Al_{1-x}M1_x)_2O_3$ ($0 \leq x \leq 0.5$)を用いた場合も同様な効果が得られた。さらに、圧電体層として、Liの代わりに $M2 = Mg, Fe, Co, Ni, Cu$ の少なくとも1つを添加した $(Zn_{1-x}M2_x)O$ ($0 \leq x \leq 0.5$)を用いた場合も同様の効果が得られた。また、 $(Zn_{1-x}M2_x)O$ ($0 \leq x \leq 0.5$) ($M2 = Li, Mg, Fe, Co, Ni, Cu$)の代わりに $(Al_{1-x}B_x)N$ ($0 \leq x \leq 0.5$)を圧電体層に用いた場合も同様の効果が得られた。さらに、 $KNbO_3$ や $LiNbO_3$ などの他の圧電体にも有効である。なお、IDT電極を圧電体層の下に形成した場合も同様の効果が得られた。そして、周波数温度特性の改善や表面保護のために、表面に SiO_2 膜を堆積した場合も同様の効果が得られた。

【0034】

上述のような構成によれば、サファイア単結晶基板上に、元素M1 ($M1 = B, Ga, In, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co$)の少なくとも一つを添加した $(Al_{1-x}M1_x)_2O_3$ ($0 \leq x \leq 0.5$)硬質層を堆積し、 $(Al_{1-x}B_x)N$ ($0 \leq x \leq 0.5$)または $(Zn_{1-x}M2_x)O$ ($0 \leq x \leq 0.5$) ($M2 = Li, Mg, Fe, Co, Ni, Cu$)圧電体層を堆積することにより、 k^2 を減少させることなく高 V_s を実現させることが可能となる。

【0035】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明の表面弾性波素子によれば、サファイアと同じコランダム型結晶構造を有する金属酸化物をサファイアに固溶させた硬質層を用いることにより、ヤング率の増大あるいは密度の減少によって表面弾性波の伝播速度を増大させ、表面弾性波素子をより高周波領域で使用することができるようになり、ダイヤモンド硬質層を用いずに高周波発振器などの高周波通信用デバイスを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例を示すサファイア単結晶基板、 $(Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3$ 硬質層および $(Al_{0.97}B_{0.03})N$ 圧電体層を有する表面弾性波素子の断面図である。

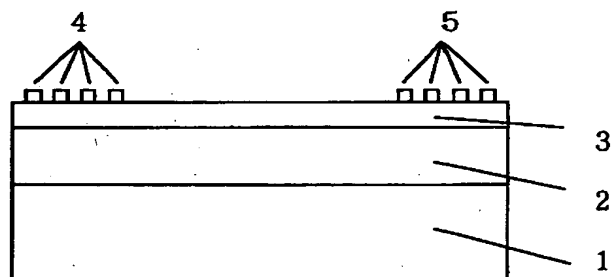
【図 2】本発明の一実施例を示すサファイア単結晶基板、 $(Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3$ 硬質層および $(Zn_{0.97}Li_{0.03})O$ 圧電体層を有する表面弾性波素子の断面図である。

【符号の説明】

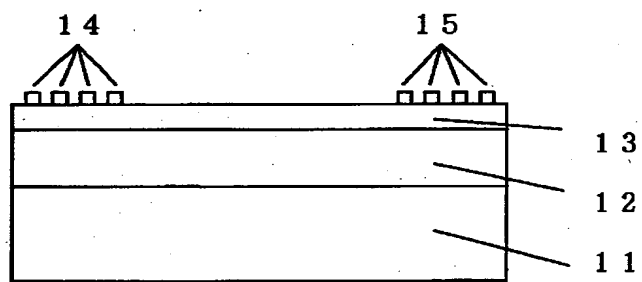
1. R面サファイア (102) 単結晶基板
2. $(Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3$ (102) 硬質層
3. $(Al_{0.97}B_{0.03})N$ (110) 圧電体層
4. IDT電極
5. IDT電極
11. C面サファイア (001) 単結晶基板
12. $(Al_{0.97}B_{0.03})_2O_3$ (001) 硬質層
13. $(Zn_{0.97}Li_{0.03})O$ (001) 圧電体層
14. IDT電極
15. IDT電極

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 表面平坦性に劣るダイヤモンド以外の硬質層を用いて、表面弾性波伝播速度が大きく高周波領域で使用可能な表面弾性波素子を提供する。

【解決手段】 サファイア単結晶基板 1 上に B、Ga、In、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co の少なくとも 1 つをサファイアに添加した組成の硬質層 2 および圧電体層 3 からなる構造の表面弾性波素子を形成し、硬質層 2 のヤング率の増大あるいは密度の減少によって表面弾性波伝播速度を増大させる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002369]

1. 変更年月日	1990年 8月20日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
氏 名	セイコーエプソン株式会社